

NEW PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

Li-Kuo Dai et al.

Application No.: New U.S. Patent Application

Sent for Filing: September 26th, 2003

Attorney Dkt. No.: 003-03-024

For: Design Methods and Apparatuses of Photodiodes with Adaptive Structures to
Achieve Smooth and Wavelength-Selective Photo-Responses

CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

September 26th, 2003

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

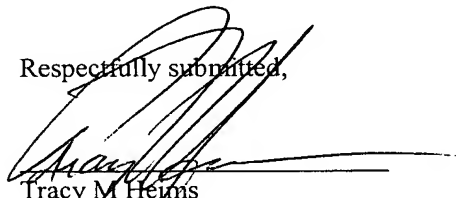
TAIWANESE PATENT APPLICATION NO. 91135904, FILED December 12, 2002.

In support of this claim, certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these/this document(s).

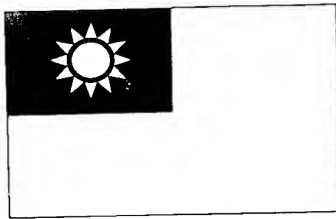
Please charge any fee deficiency or credit any overpayment with respect to this paper to Apex Juris, pllc., Deposit Account No. 502069.

Respectfully submitted,



Tracy M Hejms
Registration No. 53,010

APEX JURIS, pllc
13194 Edgewater Lane Northeast
Seattle, Washington 98125
Tel: 206-664-0314
Fax: 206-664-0329



中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2002 年 12 月 12 日
Application Date

申請案號：091135904
Application No.

申請人：國防部中山科學研究院
Applicant(s)

局長
Director General

蔡練生

發文日期：西元 2003 年 7 月 24 日
Issue Date

發文字號：09220747170
Serial No.

申請日期	
案 號	
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	針對頻譜具有平坦或選擇響應之可調式光電二極體架構方法與裝置
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	1.戴禮國 4.黃廣鑫 2.翁炳國 5.劉維鈞 3.季法文 6.陳自強
	國 籍	1-6 中華民國
三、申請人	住、居所	1.新竹縣竹東鎮三重一路107號3樓 2.桃園縣八德市興仁里20鄰長生路16-6號5樓 3.桃園縣龍潭鄉三林村民族路370巷72-4號 4.新竹市光華東街88號2樓 5.彰化縣員林鎮員農街139號 6.嘉義縣民雄鄉三興村63-7號
	姓 名 (名稱)	國防部中山科學研究院
	國 籍	中華民國
	住、居所 (事務所)	桃園縣龍潭鄉佳安村6鄰中正路佳安段481號
	代 表 人 姓 名	劉金陵

四、中文發明摘要(發明之名稱：)

針對頻譜具有平坦或選擇響應之可調式光電二極體架構方法與裝置

一種針對感光像素的頻譜響應具有響應度平坦化或選擇響應頻段之可調式光電二極體架構方法與裝置，係利用各個不同頻率響應的感光像素，對其感光面積的大小作設計，或是將感光像素輸入至具有不同增益之後級放大器，然後分別對各組頻譜響應做線性疊加，即可得到一組較平坦的頻譜響應曲線；其後再利用製程參數的特性，歸納出於製程參數選取過程中的設計方法，包括如何提高光電二極體的響應度及峰值波長的取得；本發明考慮到不加彩色濾光片的彩色感光像素之可行性，利用多層 PN 接面的製程，使得同一元件擁有各種不同的頻譜響應，再利用晶片佈局設計，將不同趨勢的頻譜響應分離出來，使其在無須外加彩色濾光片的情形下，得到各種色彩的感光像素。

代表圖：圖四

英文發明摘要(發明之名稱：)

五、發明說明 (|)

【技術領域】

本發明係關於一種針對感光像素的頻譜響應具有響應度平坦化或選擇響應頻段之可調式光電二極體架構方法與裝置，係在適當的製程參數之配合下，就可以在無須外加彩色濾光片的情形之下，製作完成具有各種彩色感光效果的感光像素。

【先前技術】

隨著資訊與科技技術的日新月異，再加上大量資料的傳遞與網路的興起，使得影像產品大發利市；而影像感測器正是取得影像的裝置，舉凡數位相機、掃描器、PC 照相機、攝影機...都可算是影像感測器的一種，足見影像感測器在日常生活中的重要性。而在影像感測器的製作過程中，彩色濾光片扮演著舉足輕重的角色，透過彩色濾光片的技術，才能做出各種色彩（通常是紅綠藍三原色）的感光像素，以便提供後級的影像處理機制來還原出原始的彩色影像。但彩色濾光片的存在一方面造成了感光像素整體響應度的降低，另一方面也使得製程繁瑣而提高製作成本。

上述影像感測器主要可以區分為前級的影像感測單元陣列以及後級的訊號處理電路兩部分，其原理架構圖可以用圖一中的 CMOS 製程的影像感測器為例做說明：其中在影像感測單元陣列中，每個光電二極體接上一個放大電路，利用這個放大電路來將感測所得之影像訊號轉換成電訊號，其後再利用人眼視覺的原理，將全部的影像感測單元排成如圖中所示的紅、綠、藍彩色感光像素陣列；至於在後級的影像還原部分，則包括有編解碼器、時脈控制單元、色彩合成與補償電路等。從圖中可看出，感光像素正好扮演著一個光電轉換的元件，而本發明即是針對影像感測器中的感光像素單元來進行設計。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(2)

習知彩色感光像素的作法如圖二所示，是在一般標準製程之外，另外在每個感光像素之上，加上一層具有濾光片效果的材質，分別長成各種色彩的彩色感光像素，此種作法會使得感光像素對某個頻段的波長有特別大的響應度，而將其餘不想要的頻段之響應度予以降低，也就相當於濾掉了這些頻段的入射光。以較常用到的紅、綠、藍彩色濾光片來說，其感光單元會有如圖三所示的頻譜響應，從圖中可看出。不過此種製作過程會有以下幾種缺點：

(1) 成本支出的增加：製作彩色濾光片的製程，即是在原本標準製程之下所外加的步驟，以現行常用到的製程來看，加上這三種色彩的濾光片約需多加上 6~7 道的光罩，因此對於成本的增加，會是一項龐大的支出；

(2) 降低感光像素的感光效率：入射光線在經過彩色濾光片的過程中，會有大部分的入射光線被吸收，造成了感光像素的響應度降低，對元件的特性會造成不良的影響；因此一般彩色濾光片都還會再另外加一道微透鏡 (Micro Lens) 的過程，使得入射光線造成聚焦的效果，以增加感應電流；

(3) 製程的繁瑣：以色彩而言，針對各種不同色彩的需求，製程必須提供各種不同的彩色濾光片，增加製作過程的困難度；若以微透鏡技術而言，因為透鏡在不同的曲率半徑之下，會對某個面積範圍之內的感測單元有較佳響應，因此若感測面積有較大的變動的話，則微透鏡的製程又需再做更改（更改曲率半徑以造成最佳聚焦效果），又會造成成本的再次負擔。

實際上，除了上述三項缺點之外，由於感光材質對各個頻段的入射光應並非均勻，因此除了必須考慮到材質本身的感光特性而對彩色

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(7)

濾光片進行設計之外，另一方面也必須考慮到彩色濾光片的特性（主要是透射率）而對後級的色彩補償電路進行設計，而造成了整體設計上的複雜性。

由此可見，上述習用製程仍有諸多缺失，實非一完善之設計者，而亟待加以改良。

本案發明人鑑於上述習知彩色感光像素的作法所衍生的各項缺點，乃亟思加以改良創新，並經潛心研究後，成功研發完成本件針對感光像素的頻譜響應具有響應度平坦化或選擇響應頻段之可調式光電二極體架構方法與裝置。

【發明目的】

以上所述，都是目前彩色影像擷取器所亟待改善的缺點，而本發明即是針對上述幾項缺點，而提出了下面幾種改善的方法與裝置：

(1) 利用訊號疊加的方式，包括感光面積的差異以及感光像素後級放大器增益的不同，來對各種不同響應度的彩色感光像素做補償設計，利用此種方式，將可以簡化後級色彩補償電路的設計；

(2) 本發明利用製程參數上的一些特性，推導了光電二極體最佳化設計的方法，包括了如何在某個頻段取得最大的響應度以及峰值波長的取得；

(3) 在製程技術方面，本發明提出了利用多層 PN 接面的方式，來提供可調適性彩色感光像素的設計之用。利用此種製程技術，只要再加以適當的晶片佈局設計，就可以在同一個元件上得到各種不同曲線的頻譜響應。

上述三點方法中，分別針對前面所提到的缺點進行改善而設計。第一點是為了要改善各個頻段的響應度不均勻的問題，以利後級色彩

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (✓)

補償電路設計的簡化；第二和第三點則是為了改善彩色濾光片所帶來的缺點，以期能製作完成一種無須外加彩色濾光片的彩色感光像素。

【技術內容】

首先對本發明的基本原理作一說明，包括了光電二極體的模型推導，以及光電二極體中各種物理參數對頻譜響應的影響；接著利用在探討原理的過程中所發現的現象及原理，來對光電二極體加以設計，以期達到在毋須外加彩色濾光片的標準製程之下，即可以達成單一元件彩色感光像素的實現；最後藉由台灣積體電路公司（TSMC）所下線製作的數種晶片，來作為實施例的說明。

一、本發明之基本原理介紹：

在說明本專利之設計方法之與裝置前，先對本發明的基本原理作一簡單的介紹，首先是光電二極體的頻譜響應之原理介紹與模擬。

光電流產生的原因主要是入射光打入之後，激發出電子電洞對，再加以半導體兩端的壓降將電子電洞對分離，產生光電流。整個過程如圖四所示，光電流的產生來源主要有兩項，第一項是來自於空乏區以外因載子濃度不均所造成的擴散電流，第二項則是來自於空乏區內的電場，此電場將感應所生成的電子電洞對分離而產生漂移電流。

接下來要對下面幾個物理參數作定義：首先是光子通量，定義為某一入射光在單位面積內所激發出電子電洞對的數目，以 φ 表示，若用數學式表示，可以寫成下面的關係式：

$$\varphi_0 = \frac{P_{in}(1 - R(\lambda))}{Ah\nu} \dots\dots\dots(2.1)$$

其中 P_{in} 為入射光的能量； $R(\lambda)$ 表示反射率，是波長的函數； A 為照光面積； h 為 Planck constant； ν 為入射光的頻率，可以利用入射

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

光的光速除以波長而獲得；式中的下標 φ_0 代表了光子通量和受光表面距離的關係，以圖五做說明：假設 φ_0 為照光表面的光子通量，那麼光子通量會隨著照光表面的距離成指數性的衰減，若 φ_x 表示在距離照光表面 x 處的光子通量，則 φ_x 可以表示成下面的關係式：

$$\varphi_x = \varphi_0 e^{-\alpha x} \dots\dots\dots (2.2)$$

在這邊要特別提出來一項重要的參數：吸收係數 α ， α 和受光材質有關，因為各種材質能階不同，而不同波長的光子所攜帶的能量也不同，光子所攜帶的能量必須大於受光材質的能階，才能被受光材質吸收，而激發出電子電洞對，光子被受光材質吸收的過程符合高斯機率分佈的現象；因此如果入射光子所攜帶的能量越高（前提是至少必須大於受光材質的能階），那麼這些攜帶高能量的光子在接近表面的地方被吸收的機會就越大；相反的，如果入射光子所攜帶的能量越小，那麼被受光材質吸收的機會就越小，因此會在距離受光材質表面較深的地方才會被材質吸收，而激發出電子電洞對，而光子的能量和波長成反比，因此入射光波長越長的話，就會穿越到材質較深的地方才被吸收，波長越短，則只能穿透到表面較淺的地方即被吸收，因此在這邊，要再提出一個物理量：吸收長度。吸收係數的倒數 $1/\alpha$ 即為吸收長度，吸收長度在物理上的定義為『某固定波長下的入射光，在經過了距離受光表面 $1/\alpha$ 的深度之後，能量會衰減為原來的 $1/e$ 』，吸收長度和入射光波長 λ 的關係如圖六所示，從圖中可以很清楚的發現，波長越長的入射光吸收長度越長（吸收係數越小），代表長波段的入射光，所能打到的地方越深。吸收係數和入射光波長 λ 的數學式，根據實驗結果，以矽材質而言， α 和 λ 有下面的關係式：

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

$$\log_{10} \alpha = 13.2131 - 36.7985\lambda + 48.1893\lambda^2 - 22.7562\lambda^3 \dots\dots (2.3)$$

光電二極體頻譜響應的模擬，主要是利用下面幾項數學式來求解：

- (1) 少數載子的熱平衡方程式
- (2) 受光材質表面兩側的光電流密度公式
- (3) 同型材質間少數載子密度及電流密度的連續性
- (4) 異型材質間空乏區邊緣的濃度平衡關係式

圖七是 TSMC 所提供的 1P3M 0.5um CMOS Epitaxial Wafer 製程的 Nwell-Pepi-Psubstrate 接面架構的光電二極體；圖八則是對此光電二極體所做的模擬與量測的比較，由圖中可以知道我們所推得的模型之正確性及可靠性。

二、本發明與裝置之簡易模型推導與分析：

在對光電二極體的頻譜響應做完模擬與推導之後，首先必須瞭解光電二極體中的各項參數對頻譜響應的影響，在瞭解了這些相關參數對頻譜響應的影響之後，便可以利用這些特性，來進行所需之設計，主要著重的兩項參數是離子植入濃度與佈植深度。

離子植入的濃度主要是影響到感應光電流的大小，因為光電二極體是操作在逆偏壓的狀態下，因此產生的電流必須從少數載子的行為著手。少數載子必須能到達空乏區邊緣，而且被空乏區內的電場吸引進去，然後快速通過空乏區，如此才能有效的形成光電流，因此若離子植入濃度越大，則少數載子在飄往空乏區的途徑中，被復合的機率就會增加，使得形成光電流的少數載子數目相對的減少，整個過程可以用圖九來表示：圖中上半部的黑色點為多數載子，可視為離子植入的濃度，白色點為少數載子，而下半部則可將白色點視為離子植入濃

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (7)

度，黑色點視為少數載子，從圖中可看出，離子植入濃度對於到達空乏區邊緣的少數載子數目之影響。圖十則是離子植入濃度和少數載子平均壽命的關係，由圖中可以清楚的發現：離子植入濃度越大，則少數載子的平均壽命越短，因此形成的光電流也就越小。

離子植入的深度則是影響到光電二極體的吸收波段，在這裡必須來看一下之前提過的吸收長度，從圖六中可以看出，波長越長的光能穿透到越深的接面，因此長波段的入射光會在較深的區域激發出電子電洞對。而電子電洞對必須能成功的到達空乏區邊緣方能被吸收而成為有效的光電流，因此在較深的區域會對長波長的入射光有較大的響應；反之，較淺區域則是對短波段的入射光有較佳的響應。

圖十一所示，是利用圖七所示的光電二極體對各個區域所貢獻的電流大小進行模擬，從圖中可以比較得出：Nwell 區的接面較淺，因此對於短波長有較大的響應，其頻譜響應的峰值座落於波長較短的頻段；Psubstrate 區的接面較深，因此對長波長又較佳的響應從這個例子中因此頻譜響應的峰值出現在較長的頻段。在光電流大小方面，Psubstrate 區的濃度因為比 Nwell 區還要低，所以會產生較大的光電流；影響光電流大小的因素除了離子植入濃度之外，另外還可以很清楚的觀察到一個現象：那就是 P 型區域所貢獻的電流遠大於其他兩者所貢獻的電流，造成這個現象的原因是因為 P 型區域的厚度太厚所致，因為這個區域的厚度太厚，造成了入射光子的大量吸收，因此這個部分的頻譜響應幾乎就可以說是全部頻譜響應的加總值。至於空乏區的電流大小，則是取決於空乏區的寬度，一般而言，空乏區的寬度都在幾個 μm 的範圍之內，因此由空乏區所產生的漂移電流之成分都不會太大。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (8)

在此得出了幾個構想：首先是關於各個頻段響應度不均的解決方式，如果能夠有效提高將響應度較低的頻段拉高，再將響應度較高的頻段的訊號疊加起來，則可以得到一組在各個頻段具有均勻響應度的頻譜響應之曲線，此種作法，將有助於後級色彩補償電路設計上的簡化。而在這部分之中，也同時歸納出了數點製程調配上的原則，以期能達到最佳化設計的光電二極體之頻譜響應。

第二個構想是關於彩色濾光片的改善方式，從前面的模擬結果中可以看出一個光電二極體的總響應其實是由數個區域的部分頻譜響應疊加而成，因此如果能找出一種設計方式，能夠將這數個頻譜響應分別獨立取出，那麼便可以在同一個光電二極體上得到各種不同的頻譜響應，而無須外加彩色濾光片的製程。

【圖式簡單說明】

請參閱以下有關本發明一較佳實施例之詳細說明及其附圖，將可進一步瞭解本發明之技術內容及其目的功效；有關該實施例之附圖為：

圖一為習知數位影像擷取器的架構圖；此圖是以 CMOS 製程的主動式感光像素（Active Pixel Sensor）為例，圖中的 R、G、B Color Filter Arrays 乃是根據人眼視覺原理排列而成。

圖二為習知彩色感光像素的作法式意圖；上方的 Micro Lens（微透鏡技術）是為了提高響應度而加上去的製程；

圖三為紅、綠、藍彩色感光像素的頻譜響應圖；其中每個元件頻譜響應的峰值分別出現在紅（650nm）、綠（550nm）、藍（450nm）三個波段附近，圖中最上面的曲線是未加上彩色濾光片的原始信號；

圖四為光電流的產生過程示意圖；圖中陰影部分為空乏區內的漂

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝
訂
線

五、發明說明 (9)

移電流，其餘兩部分則是擴散電流；

圖五為光子通量和照光面的距離呈現指數性衰減之關係圖；

圖六(a)及圖六(b)為吸收長度和入射光波長 λ 的關係圖；圖六(a)為波長400nm~1000nm間的吸收長度；圖六(b)為短波長部分放大圖；

圖七為 TSMC 1P3M 0.5um CMOS Epitaxial Wafer 製程 Nwell-Pepi-Psubstrate 接面光電二極體示意圖；

圖八為圖七之光電二極體的模擬和量測結果之比較圖；

圖九為離子植入濃度對於有效形成光電流載子數目的影響示意圖；在圖的上半部，白點是少數載子，下半部的少數載子是黑點；

圖十為離子植入濃度和少數載子平均壽命的關係圖(其中橫向座標軸單位是表示10的乘冪次方)，可以發現離子植入濃度越大，少數載子平均壽命越短；

圖十一為圖七之光電二極體各個區域的頻譜響應模擬之比較圖；

圖十二(a)~(c)為利用 TSMC 1P3M 0.5um CMOS Epitaxial Wafer 製程的光電二極體之量測結果示意圖，圖中黑點部分是原始信號，白點部分是加上彩色濾光片後的信號；圖十二(a)為紅色濾光片；圖十二(b)為綠色濾光片；圖十二(c)為藍色濾光片；

圖十三為圖十二之彩色感光像素量測結果示意圖；

圖十四為具有均勻響應度的頻譜響應曲線圖；

圖十五為利用具有圖十四的頻譜響應之元件所做成的彩色感光像素之頻譜響應圖；

圖十六為用來設計出具有圖十四的頻譜響應之感光元件的線性疊加式彩色感光像素示意圖；圖中的增益($A_1 \sim A_n$)可以利用感光面積的大小或放大電路之大小來達成；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

圖十七(a)~(c)為達成圖十六之目的所採行的訊號增益方式示意圖；圖十七(a)利用感光面積的不同；圖十七(b)利用後級放大器增益的不同；圖十七(c)感光面積與後級放大器均經過適當之比例計算；

圖十八為 TSMC 1P3M 0.5um 和 TSMC 1P3M 0.6um 製程的光電二極體之結構圖；

圖十九(a)及圖十九(b)為本發明所提出的多層 PN 接面的製程結構圖；圖十九(a)最上層（受光面）為 N 型半導體；圖十九(b)最上層（受光面）為 P 型半導體；

圖二十為具有有兩個 PN 接面的光電二極體，分別是 Pdiffusion-Nwell 以及 Nwell-Psubstrate 示意圖（此結構之光電二極體在 TSMC 1P3M 0.6um 以及 TSMC 1P4M 0.35um 中均有提供）；

圖二十一為圖二十的光電二極體之模擬結果圖；黑點部分以及白點部分分別是 Pdiffusion-Nwell 以及 Nwell-Psubstrate 兩個接面所產生的光電流；

圖二十二為將 PN 接面短路後之示意圖；如此將對接面電流產生影響，造成電子電洞對不斷復合，使得電流為零；因此，這兩種不同的佈局設計會造成如圖二十一所示的兩種頻譜響應；

圖二十三為本發明所提出之可調適性彩色感光像素示意圖；圖中的 SW1~SWn 是用來控制該頻段之頻譜響應的開關；

圖二十四為具有三個 PN 接面的光電二極體之頻譜響應模擬結果圖；由左至右分別是第一個至第三個 PN 接面所造成的光電流；

圖二十五(a)及圖二十五(b)為 TSMC 1P3M 0.5um Nwell-Pepi-Psub 的光電二極體在不同偏壓之下頻譜響應的改變情形示意圖；其中圖二十五(b)為頻譜響應改變部分放大圖，最上面的曲

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (\\)

線為 5V，中間為 3V，最下面則是 0V；

圖二十六為 TSMC 1P3M 0.5um Nwell-Pepi-Psub 的光電二極體在不同偏壓之下在空乏區部分頻譜響應的改變情形示意圖；其中最上面的曲線為 5V，中間為 3V，最下面則是 0V；

圖二十七為 TSMC 1P3M 0.5um Nwell-Pepi-Psub 的光電二極體在不同偏壓之下頻譜響應的量測所得的結果示意圖；從圖中可發現，當偏壓從 0V 變到 5V 時，其頻譜響應的趨勢幾乎不變；

圖二十八(a)~(c)為利用兩個二極體在不同面積（增益值）下對頻譜響應做訊號疊加之動作所造成的頻譜響應之改變示意圖；圖二十八(a)為 TSMC 1P4M 0.35um 製程；圖二十八(b)為 TSMC 1P4M 0.5um 製程；圖二十八(c)為 TSMC 1P4M 0.6um 製程；

圖二十九(a)~(c)為利用同一個二極體不同的佈局方式造成不同的頻譜響應之量測結果示意圖；圖二十九(a)為 TSMC 1P4M 0.35um 製程；圖二十九(b)為 TSMC 1P4M 0.5um 製程；圖二十九(c)為 TSMC 1P4M 0.6um 製程；

圖三十為具有三個 PN 接面的光電二極體示意圖；

圖三十一(a)~(c)為利用圖三十所做成的紅、綠、藍三原色感光像素示意圖，此圖中利用接面開關作為三種色彩感光像素之選取控制；圖三十一(a)為藍色感光像素；圖三十一(b)為綠色感光像素；圖三十一(c)為紅色感光像素。

圖三十二為利用圖二十九之參數以及圖三十所示之佈局方式所模擬得到之紅、綠、藍三原色的頻譜響應圖。

【較佳實施利】

本發明針對頻譜具有平坦或選擇響應之可調式光電二極體架構

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (✓)

方法與裝置，基於前一部份中所提到之構想，本發明主要提出了下面幾項論點：

1. 利用訊號疊加的方式的來造成頻譜響應的均勻度，以利彩色濾光片和後級色彩補償電路設計上的簡化；

2. 配合第一點，本發明將說明在達成第一點目的的過程中，半導體製程參數調配的最佳化之方法；包括如何調配出能獲得最大響應度的製程參數以及如何能獲得具有某個峰值波長的頻譜響應；

3. 本發明提出了多層 PN 接面的製程，以提供可調適性頻譜響應的光電二極體之設計，並配合適當的光電二極體佈局設計之方法，在無需用到彩色濾光片的技術之下，而設計完成彩色感光像素。

針對上述所提及之論點，以下將分別做詳細說明：

1. 線性疊加的方法

提出這個設計的原因，是為了要得出一組曲線較平坦的的頻譜響應，圖十二所示是利用 TSMC 1P3M 0.5um CMOS Epitaxial Wafer 製程所得的量測結果，圖十三則是此梯晶片加上紅綠藍彩色濾光片之後的頻譜響應，圖中很明顯可以看出在響應度在各個頻段的大小均不同，因為此種原因，使得在設計彩色的影像擷取器時，一方面必須考慮到彩色濾光片對原始感光元件的影響，同時在後級色彩補償電路的設計上，也必須考慮到感光元件原始的響應曲線以及經過濾光片之後的感光特性，而增加了設計上的複雜度。因此提出這個設計方式，若是能得出一種具有圖十四所示的頻譜響應曲線的感光元件，則只要利用相同透射率的彩色濾光片，就可以得到如圖十五所示的各種具有相同響應度的彩色感光像素。

本發明的作法是對各個具有不同頻譜響應的元件之光電流訊號

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (7)

做疊加的動作，也就是利用數個不同頻譜響應的感光像素，對其作線性組合，以便將整體的頻譜響應拉平，整個過程的原理可以用圖十六來表示。而在將這些光電流的訊號作疊加之前，必須先對這些具有不同頻譜響應的元件做適當的增益，本發明提出了三種增益光電流的方法：第一種是如圖十七(a)所示，直接改變元件受光的面積，因為感應訊號之大小和受光面積成正比，所以利用改變面積之大小便可以達成調整原始信號的目的，第二種方法如圖十七(b)，利用後級電路來達成，設計不同增益的放大器，此種效果也等同於改變原始信號的大小，第三種則是綜合上述兩種方法，將感光面積與後級放大器均經過適當之計算，以得出對整體影像感測系統有最佳面積利用之方式，如圖十七(c)所示。

2. 製程參數最佳化的調配方式

因為在達成第一點所述之目的時，有許多比例的製程參數可供選擇，但在這些比例參數中，仍有一定的規則可循，因此本發明要試著從這些比例參數中，找出一組可以得到最佳響應度的製程參數。

在這之前，必須先對整個方法的設計過程中所用到的參數範圍做一合理之限制，首先是離子摻雜濃度，以現行較合理之製程範圍大約是在 $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{20} (\text{cm}^{-3})$ 左右，其中最低之濃度是受限於製程之技術，在未來製程演進的過程中，還有改善的空間，至於在最高濃度上，則是受限於物理結構上的限制，以矽材質而言，其原子密度為 $5 \times 10^{22} (\text{cm}^{-3})$ ，因此 $1 \times 10^{20} (\text{cm}^{-3})$ 之離子摻雜濃度幾乎已達其物理上之極限；接著是在厚度方面，在最小厚度上，必須考慮到實用上的限制，一般而言，幾底厚度至少要到接近 10um 的厚度才能夠承受製程上的應力；另一方面，考慮到吸收係數的影響，因此所需探討的長度最大

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

只需介於二倍到三倍的吸收長度即可，以矽材質而言，其截止波長(超過這個波長的入射光，其能量小於矽的能帶，而無法激發出電子電洞對)約為 $1\mu\text{m}$ ，而 $1\mu\text{m}$ 的入射光之吸收長度約為 $150\mu\text{m}$ ，因此探討的厚度範圍從 $0.01\mu\text{m}$ 到 $500\mu\text{m}$ 。

接著利用圖四所示的光電二極體進行模擬，可發現到響應度的最大值出現的時機，均出現在濃度為模擬範圍內的最低值，離子植入濃度越低的話，少數載子壽命會越長，因此濃度儘可能的低，則整體的頻譜響應會有最大值。另外是厚度的選擇，必須從兩個地方來探討，首先是受光面的厚度之選擇。根據對表中的數據進行分析之後，發現到這些極值均出現在受光面厚度接近空乏區寬度的時候，造成這種現象的原因可以從載子吸收率來作解釋；在空乏區之外，從入射光激發產生電子電洞對到電子電洞被空乏區吸收而有效的形成光電流這段過程，整個載子的產生率是呈現自然對數般的衰減現象的，因此只有在到了空乏區邊緣所產生電子電洞對才能形成有效的光電流；但是在空乏區以內則不一樣，由於內建電場的關係，電子電洞對在空乏區內的吸收率可以視為 100%，在這區域內所產生的電子電洞對完全可形成有效之光電流，基於這個原因，如果能將空乏區的寬度盡量的延伸到受光之表面，則可以將這一面所產生的電子電洞對做最佳的吸收與利用。

接著是背光面厚度的選擇，在基座厚度的選擇上，從表中的模擬結果可以看出，在其他三個參數固定之下，同一入射波長時，基座厚度越厚，則整體的響應度越高，這也是牽涉到載子吸收率的問題。和受光面不同的是，在受光面的部分，當空乏區完全填滿這一部分時，載子被利用的比率最大，但在背光這一面，除了空乏區這依條件成立

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

之外，若能再加厚整體的材料厚度，則對載子的吸收率將會更大，因為基座厚度越厚，則會被吸收到的載子也就越多。也就是說，在背光面這一部份的厚度之選擇上，選擇的厚度除了要大於空乏區寬度之外，如果再配合載子吸收效應，將這一部份的厚度再加寬，則會對整體的響應度有更佳的效果。在這邊要特別提出一點就是，通常基座厚度到達兩倍或三倍的擴散長度之後，整個響應提高的現象就不甚明顯了，這是因為受到吸收長度的影響。

根據上面的模擬結果以及物理現象之分析，在提高頻譜響應的作法上，歸納出了下面幾點結論：

(1) 自受光面算起，到達空乏區之前，要盡量使載子被全部吸收，因此將受光面的厚度盡量設計到被空乏區所填滿；

(2) 在超過空乏區以後的背光面區域，要盡量的厚（至少要厚於空乏區寬度），增加被吸收的載子數目；

(3) 濃度要盡量的降低。

下面幾項參數分別是影響頻譜響應大小的最主要參數，如式(2.4)中所示，是整個頻譜響應的函數，其中的 WU 表示受光面至空乏區的寬度，WD 表示背對受光面的半導體材質厚度，n 和 p 分別代表材質濃度，則我們若要得到最大的響應度，式(2.5)所表示的參數之調配，亦即 WU 的寬度要盡量接近空乏區寬度，WD 的寬度盡量的大，至於離子植入的濃度則要盡量降低，在做光電二極體的設計時，只要依循此種設計規範，便可獲得最大值之頻譜響應。

$$R = f(WU, WD, n, p)_{V=0} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$R_{Max} = f(WU \rightarrow Depletion, WD \rightarrow Max, n \rightarrow Min, p \rightarrow Min)_{V=0} \dots\dots (2.5)$$

若以真正的數學式表示，今假設給定一型如圖四所示的光電二極

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

體，則其光電流公式可以用下面三個方程式來表示：

$$\frac{q\phi_0\alpha e^{-TN}L_p\left(L_p(\alpha D_p - S_p)\cosh\left[\frac{TN}{L_p}\right] + (-D_p + \alpha L_p^2 S_p)\sinh\left[\frac{TN}{L_p}\right] + e^{TN}\alpha L_p(\alpha D_p + S_p)\right)}{(-1 + \alpha^2 L_p^2)\left(D_p\cosh\left[\frac{TN}{L_p}\right] + L_p S_p\sinh\left[\frac{TN}{L_p}\right]\right)} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\frac{q\phi_0\alpha e^{-(WN+WP+DRP)\alpha}L_n\left(\tau_n e^{WN}\left(L_n(\alpha D_n - S_n)\cosh\left[\frac{TP}{L_n}\right] + (-D_n + \alpha L_n^2 S_n)\sinh\left[\frac{TP}{L_n}\right]\right) - e^{DRP}\alpha L_n(\alpha L_n^2 - S_n\tau_n)\right)}{L_n(-1 + \alpha^2 L_n^2)\left(D_n\cosh\left[\frac{TP}{L_n}\right] + L_n S_n\sinh\left[\frac{TP}{L_n}\right]\right)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$q\phi_0\left(e^{-\alpha(DRN+WN)} - e^{-\alpha(DRP+WN)}\right) \dots\dots\dots(2.8)$$

其中式(2.6)所代表的為 N 型區域中的光電流，式(2.7)代表 P 型區域中的光電流，式(2.8)所代表，則是空乏區中的電流。其中的 L_p 和 L_n 分別代表電動在 N 型區中的擴散長度以及電子在 P 型區中的擴散長度，其值可由電子（洞）的擴散係數和平均壽命之乘積取平方根求得；TN 為 N 型區的寬度（WN）減去空乏區在 N 型區所佔的寬度（DRN）；TP 則是 P 型區的厚度（WP）減去空乏區在 P 型區所佔之厚度（DRP）。

首先從式(2.6)中來看，可以發現空乏區寬度和受光區半導體厚度的關係對響應度的影響，當空乏區的寬度和收光面的半導體厚度接近時，再配合濃度的適當控制（可以從擴散長度和吸收長度中比較出來），則可以得到響應度的最大值。如果用數學式表示的話，可以從下面的數學算式分析發現出其中的關係：

首先對整體的頻譜響應之算式對 TN 做微分的動作，則可以得到兩個極點，分別是 $TN=0$ 以及 $\alpha=L_p$ 兩個極點；而對 TP 做微分的話，整個是子將會成為一個恆正的運算式，也就是隨著 TP 的增大，整體的頻譜響應也會隨之變大。如果不考慮 TP 的設計方式的話，現在要定義出兩組算式，來作為對於單層的 PN 接面所提出的設計方法作結

（請先閱讀讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝 · 訂 · 線

五、發明說明 (7)

論：

(1) $TN=0$ (亦即 $WN=DRN$)

(2) $\alpha=Lp$

其中的第一個關係式用數學式可以表示成：

$$WN = \sqrt{\frac{2\epsilon_{si}(\phi_{bi} + V_{bias})}{q} \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{p} \right)} \times \frac{p}{n+p} \dots\dots\dots(2.9)$$

第二個關係式則需要經過幾個換算的過程，才可以看出某個波長之下，欲得到最大響應度的濃度關係。首先將 α 表示成波長的函數，其次 Lp 是濃度的函數，因此經過這樣的換算過程，便可以得出一組波長對濃度的函數關係，來做為設計之方法，其關係式如下：

$$10^{(13.2131-36.7985\lambda+48.1893\lambda^2-22.7562\lambda^3)} = \sqrt{1.083 \times 10^{18} \times \frac{6.992 \times 10^{17}}{n+2.990 \times 10^{17}}} \times \sqrt{8.527 \times 10^{-10} \times \frac{2.9 \times 10^{19}}{n+1.999 \times 10^{18}}} \dots\dots\dots(2.10)$$

接下來要探討一下峰值波長的取得方法，取得峰值波長的方法如下所述：我們將式(2.6)、式(2.7)以及式(2.8)三項相加，則可以得到總頻譜響應的光電流公式，再從這個總頻譜響應的光電流公式中，取出為波長函數的參數 (α 和 ϕ_0)，改以波長的函數來代表 (α 可以利用式(2.3)來表示， ϕ_0 可以利用式(2.1)來代換)；然後其餘的參數則以濃度的函數來代換 (利用式(2.9)和式(2.10)即可)。經過這兩次代換之後，便可以將這組總頻譜響應的光電流公式改寫成只有波長以及濃度兩項變數的方程式。現在假設要使此頻譜響應的峰值出現在 λ_1 ，則必須將此方程式對 λ 這項變數作微分，然後再將 λ 以 λ_1 代入，之後求出使此方程式等於零的參數解即可，整個過程可以用下面幾個式子作說明。

$$R = f(\lambda, n, p, V) \dots\dots\dots(2.11)$$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明 (8)

$$\frac{\partial R}{\partial \lambda} = f'(\lambda, n, p, V) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$f'(\lambda, n, p, V)_{\lambda=\lambda_1} = 0 \dots \dots \dots (2.13)$$

如上所述，利用式(2.11)、式(2.12)以及式(2.13)，就可以得出峰值波長的製程參數之調配方法。

3. 無須彩色濾光片的彩色感光像素之設計方法

一般製程的光電二極體所提供的 PN 接面個數往往較少，圖十八所示，是 TSMC 所提供的幾種製程，從圖中看來，PN 接面最多的結構是 P+_Nwell_Psub 型的光電二極體，根據前面所描述，不同深度的 PN 接面才能產生不同的頻譜響應，因此本發明首先提出如圖十九所示的多層 PN 接面製程之開發，以提供足夠多組的頻譜響應，使得頻譜響應有更多的變化。

接下來要考慮的便是如何將各個頻段的頻譜響應『分離取出』的方法。本發明設計方式的基本原理可以先從圖二十中具有最簡單的多層(兩層)PN 接面的 Pdiffusion-Nwell-Psubstrate 結構來做說明(TSMC 1P3M 0.6um CMOS 製程)，圖中所示的光電二極體有兩個 PN 接面，分別是 Pdiffusion-Nwell 以及 Nwell-Psubstrate，因此這種光電二極體本身可以提供兩組不同的頻譜響應，而光電二極體整體的頻譜響應其實就是全部區域所貢獻光電流的總和，而這些個別區域的頻譜響應則隨著接面深度以及離子佈植濃度的不同，而對每個波段的入射光有不同的響應。圖二十一利用此種製程之參數所做的模擬結果，從模擬結果中，可以看出每個 PN 接面分別提供了一組頻譜響應。

如今欲將這兩組頻譜響應個別取出，所採行的作法是把不想要的那個 PN 接面短路起來，接面短路之後的影響如圖二十二所示，因為

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 線

五、發明說明 (9)

PN 接面一旦短路起來，那麼在這個接面所生成的電子電洞對便會一直不斷的被復合，而此接面所貢獻的光電流就會被消去。也就是說，若將 Pdiffusion 以及 Newll 部分短路起來的話，則這部分的頻譜響應（短波長）將會消失，反之，若將 Newll 以及 Psubstrate 短路起來的話，則就可以消去長波長部分的頻譜響應，而只剩下 Pdiffusion 以及 Newll 這個接面的頻譜響應了。

利用這個想法，接著提出了下面的結構，來達成可調適性頻譜響應的元件。如圖二十三所示，如果製程能夠提供各種不同深度的 PN 接面，而這每個 PN 接面會有不同的頻譜響應，接著分別設計一個可提供短路功能的開關（只需在晶片佈局上設計即可），利用每個開關，分別決定的每段頻譜的使用與否，如此一來，便可以有效的取得本發明所欲取得之頻譜響應。圖二十四是利用三層 PN 接面所做的模擬結果。

根據上一部分的分析結果，可發現到如果要有效的在同一個元件上做出具有明顯頻譜響應偏移現象的話，可以藉由改變 N 型半導體區、空乏區以及 P 型半導體區所貢獻的電流比來達成。為了達成這一目的，曾經有人提出利用偏壓控制的方式，其基本原理是利用偏壓改變空乏區的寬度，空乏區寬度一改變，則 N 型半導體區以及 P 型半導體區的邊界值都會隨著改變，而影響整體的頻譜響應，以達到峰值波長偏移的目的。但就實際上的使用情形而言，可以從圖二十五的模擬中看出，當偏壓在 0V~5V 時，整個頻譜響應的趨勢幾乎不變，其原因可以從圖二十六中觀察出來，當偏壓從 0V 變成 5V 時，空乏區的改變僅僅不到 1μm，這使得整體的頻譜響應還是由 P 型區的電流所主導，如圖二十七所示，則是實際的量測結果，從圖中也可以清楚的

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (70)

發現，利用偏壓控制，其效果並不明顯。

4. 實施例之說明

如圖二十八所示，為本發明利用兩個不同頻譜響應的元件，在不同增益（面積）之下所做的訊號疊加，可以發現到疊加的頻譜響應曲線漸趨平緩的趨勢，從圖二十八(a)~圖二十八(c)圖中，可以發現在不同製程之下，只要利用不同的比例分配，就可以獲得一組最平緩的頻譜響應。從這幾張圖所發現的實驗結果印證了線性疊加方式的可行性，本發明將不同頻譜響應的元件，利用感光面積的不同，而將其訊號作疊加，則可以得出不同的頻譜響應。

圖二十九是利用 TSMC 所下線之晶片量測所得的結果，其中頻譜響應峰值偏向短波長的部分，是在作晶片佈局設計時，將 Nwell 和 Psubstrate 短路起來所得的量測結果；而峰值偏向長波長的部分，則是在佈局設計時，將 Pdiffusion 以及 Nwell 區短路起來所得到的量測結果，由圖中可以清楚的發現，同一個元件，只要利用不同的佈局方式，就可以得到明顯的頻譜響應峰值偏移的現象。

另外利用如圖三十所示的具有三個 PN 接面的光電二極體來作模擬，其各層濃度以及各層厚度如圖中所示，在晶片佈局上，我們以 CMOS 電晶體開關為例，利用圖三十一所表示三種不同的接面之短路之情形，則可以在這單一元件上獲得紅、綠、藍三原色的感光像素，圖三十二則是此三種色彩的感光像素之模擬結果。

將這些不同趨勢的頻譜響應分離出來，而得到各種色彩的感光像素。利用此種設計方法，只要在適當的製程參數之配合下，就可以在無須外加彩色濾光片的情形之下，製作完成具有各種彩色感光效果的感光像素。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (一)

【特點與功效】

本發明所提供之針對頻譜具有平坦或選擇響應之可調式光電二極體架構方法與裝置，與其他習用技術相互比較時，更具有下列之優點：

一、本發明利用各個不同頻譜響應的感光像素，對其感光面積的大小做設計，或是將感光像素接到具有不同增益之後級放大器，然後分別對各組頻譜響應做線性疊加，則我們可以得到一組較平坦且在各個頻段均有響應度較大的頻譜響應之曲線。此種發明的目的在於改善各種色彩的感光像素響應度不均的缺點，利用此種發明，同時也將有助於後級的色彩處理電路設計之簡單化與一致性。

二、本發明利用製程參數的特性，歸納出了一些製程參數選取的方法，這些設計方法將有助於感光像素整體特性的掌握，包括了如何提高光電二極體的響應度以及峰值波長的取得。

三、本發明考慮到不加彩色濾光片的彩色感光像素之可行性，而提出了一種具有可調適性頻譜響應的晶片佈局設計方式，因為不同深度的半導體 PN 接面，會產生不同峰值波長的頻譜響應；利用這個基本原理，配合多層 PN 接面的製程，可以使得同一元件擁有各種不同的頻譜響應；然後利用晶片佈局的設計，將這些不同趨勢的頻譜響應分離出來，而得到各種色彩的感光像素。

上列詳細說明係針對本發明之一可行實施例之具體說明，惟該實施例並非用以限制本發明之專利範圍，凡未脫離本發明技藝精神所為之等效實施或變更，均應包含於本案之專利範圍中。

綜上所述，本案不但在技術思想上確屬創新，並能較習用方法增進上述諸多功效，應已充分符合新穎性及進步性之法定發明專利要

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (22)

件，爰依法提出申請，懇請 貴局核准本件發明專利申請案，以勵發明，至感德便。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種針對頻譜具有平坦或選擇響應之可調式光電二極體架構方法與裝置，係包括下列方式：
 - (1) 利用訊號疊加的方式的來造成頻譜響應的均勻度，以利彩色濾光片和後級色彩補償電路設計上的簡化；
 - (2) 在達成上述目的的過程中，將半導體製程參數調配到最佳化之方法；包括如何調配出能獲得最大響應度的製程參數以及如何能獲得具有某個峰值波長的頻譜響應；
 - (3) 提出了多層 PN 接面的製程，以提供可調適性頻譜響應的光電二極體之設計，並配合適當的光電二極體佈局設計之方法，在無需用到彩色濾光片的技術之下，而設計完成彩色感光像素。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之針對頻譜具有平坦或選擇響應之可調式光電二極體架構方法與裝置，其中方法(1)利用訊號疊加的方式的來造成頻譜響應的均勻度，以利彩色濾光片和後級色彩補償電路設計上的簡化，其使用方式如下所述：
 - (a) 可以直接從元件的面積來設計，對每個元件的感光面積進行不同感光面積的佈局設計，至於其面積比例則和感光元件的響應度成反比，利用此種不同比例的放大效果，其後再將所有經過處理之訊號作混合疊加，則可以得出較平坦的頻譜響應曲線；
 - (b) 可從後級的放大器著手，在感光面積上，做成一樣之大小，而每個感光單元則分別接到一個放大器，這些放大器每個的增益與感光元件的響應度大小成反比之設計，以符合所欲得之規格要求，每個感光單元經過放大器之放大後，再將所有經過處理之訊號作混合疊加，則可以得出較平坦的頻譜響應曲線；
 - (c) 藉由上述(a)與(b)兩種方法，也就是感光面積與後級放大器經

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

過計算，使其總增益比例為感光元件響應度的倒數，以得出對整體影像感測系統有最佳面積利用之方式。

3. 如申請專利範圍第1項所述之針對頻譜具有平坦或選擇響應之可調式光電二極體架構方法與裝置，其中方法(2)半導體製程參數調配的最佳化之方法，其包括下列方式：

- (a) 調配出能獲得最大響應度的製程參數，其方法如下：下面幾項參數分別是影響頻譜響應大小的最主要參數，如式(3.1)中所示，是整個頻譜響應的函數，其中的 WU 表示受光面至空乏區的寬度，WD 表示背對受光面的半導體材質厚度，n 和 p 分別代表材質濃度，則我們若要得到最大的響應度，式(3.2)所表示的參數之調配，亦即 WU 的寬度要盡量接近空乏區寬度，WD 的寬度盡量的大，至於離子植入的濃度則要盡量降低，在做光電二極體的設計時，只要依循此種設計規範，便可獲得最大值之頻譜響應。

$$R = f(WU, WD, n, p)_{V=0} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$R_{Max} = f(WU \rightarrow Depletion, WD \rightarrow Max, n \rightarrow Min, p \rightarrow Min)_{V=0} \dots (3.2)$$

- (b) 獲得具有某個峰值波長的頻譜響應，其方法如下：從總頻譜響應的光電流公式中，取出為波長函數的參數 (α 和 φ_0)，改以波長的函數來代表，然後其餘的參數則以濃度的函數來代換；經過這兩次代換之後，便可以將總頻譜響應的光電流公式改寫成只有波長以及濃度兩項變數的方程式；假設要使此頻譜響應的峰值出現在 λ_1 ，則必須將此方程式對 λ 這項變數作微分，然後再將 λ 以 λ_1 代入，之後求出使此方程式等於零的參數解即可，整個過程可以用下面幾個式子作說明：

六、申請專利範圍

$$R = f(\lambda, n, p, V) \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\frac{\partial R}{\partial \lambda} = f'(\lambda, n, p, V) \dots\dots\dots(3.4)$$

$$f'(\lambda, n, p, V)_{\lambda=\lambda_1} = 0 \dots\dots\dots(3.5)$$

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之針對頻譜具有平坦或選擇響應之可調式光電二極體架構方法與裝置，其中方法(3)無須外加彩色濾光片，直接利用晶片佈局設計的改變，即可獲得具有彩色感光像素的頻譜響應之設計方法，其方法如下所述：首先是多層 PN 接面製程之開發，以提供足夠多組的頻譜響應，使得頻譜響應有更多的變化，因為一個光電二極體整體的頻譜響應是各個區域的頻譜響應之總和，因此接著提出的方法便是將各個頻段的頻譜響應『分離取出』的方法；把不要的 PN 接面短路起來，而短路接面所生成的電子電洞對一直不斷的被復合，因此這些接面所貢獻的光電流就會消失，而剩下的沒有被短路起來的 PN 接面，其總頻譜響應就是所想要的響應曲線；至於可提供短路功能的開關之作法，只需在晶片佈局上設計，當二極體的 P 端和 N 端連接起來時，因為此接面形成短路狀態，故不會產生電流，此時開關可視為關（以及將此電流產生之來源關閉）的狀態；當二極體的 P 端和 N 端開路時，此時接面二極體會形成光電流，因此這個時候開關可視為開（將電流產生的來源打開）的狀態；這樣利用每個開關的開與關狀態之不同，分別決定的每段頻譜的使用與否，如此一來，便可以有效的取得所欲取得之頻譜響應。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

圖式

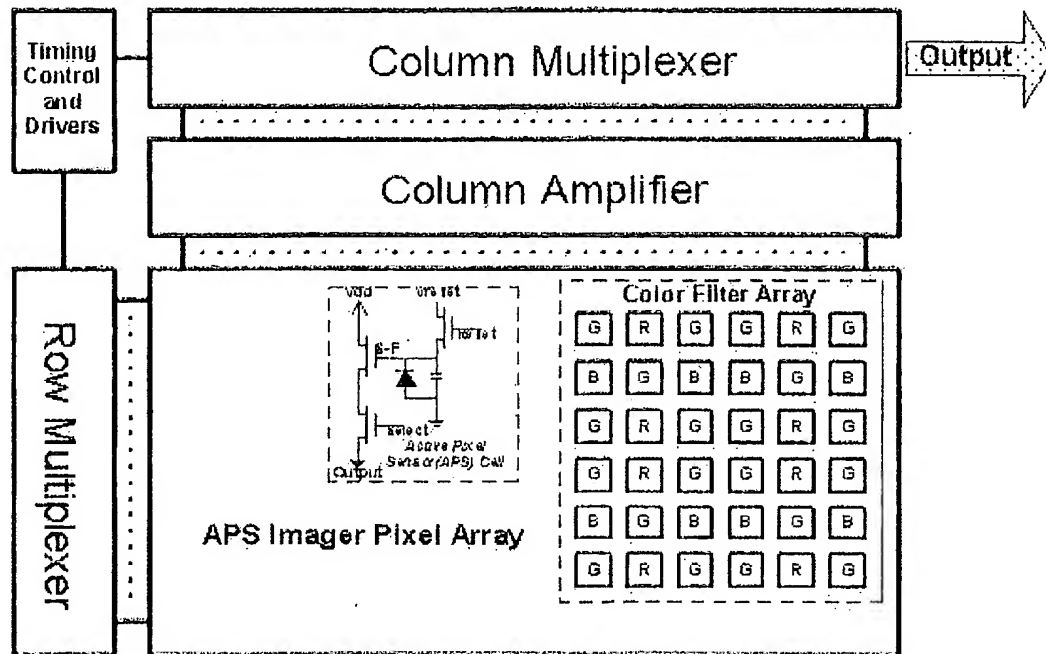


圖 一

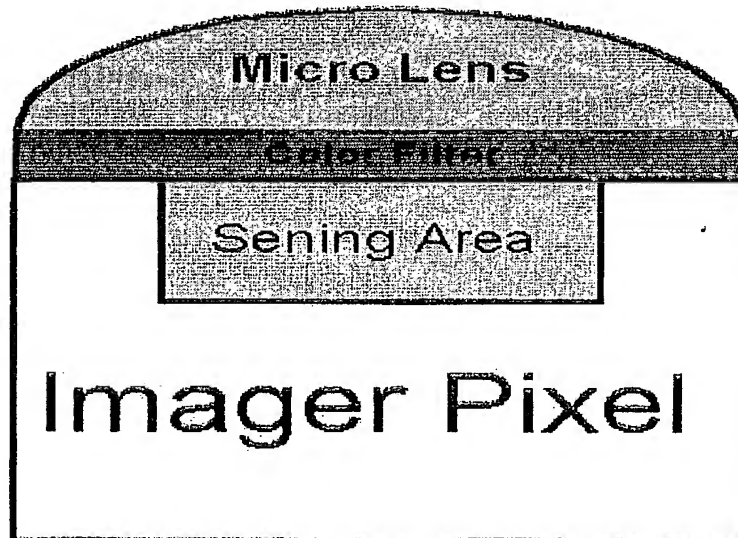


圖 二

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

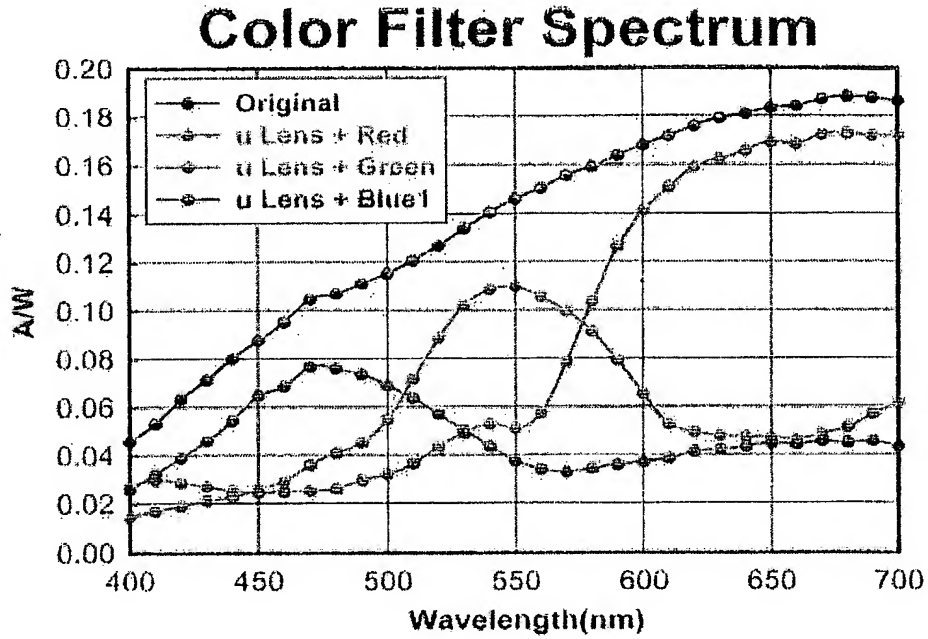


圖 三

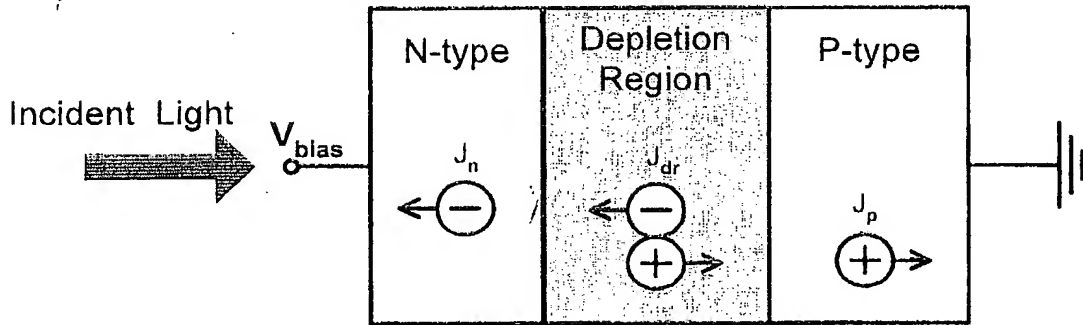


圖 四(代表圖)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

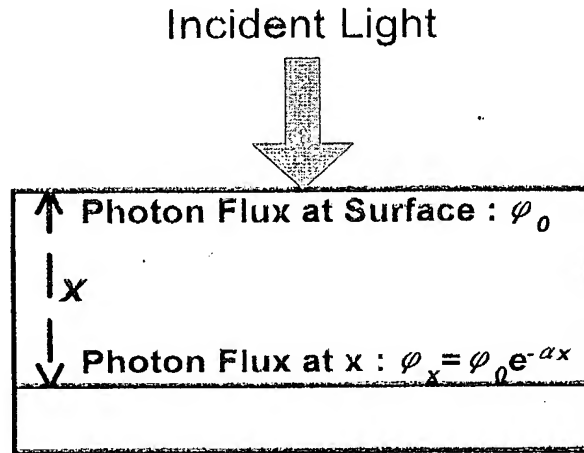


圖 五

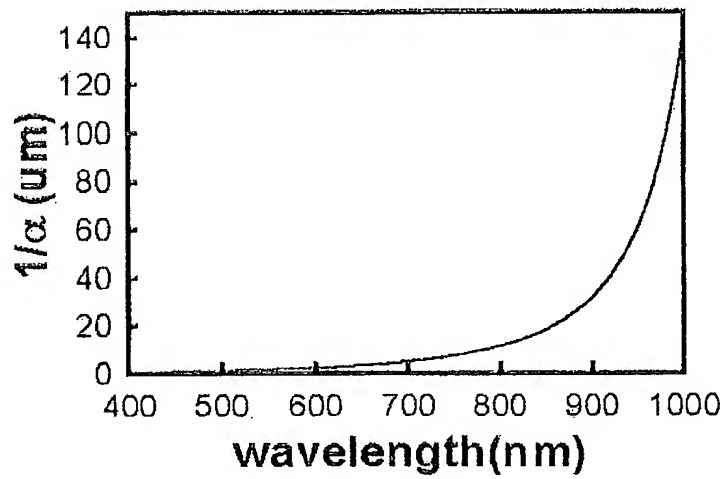


圖 六(a)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

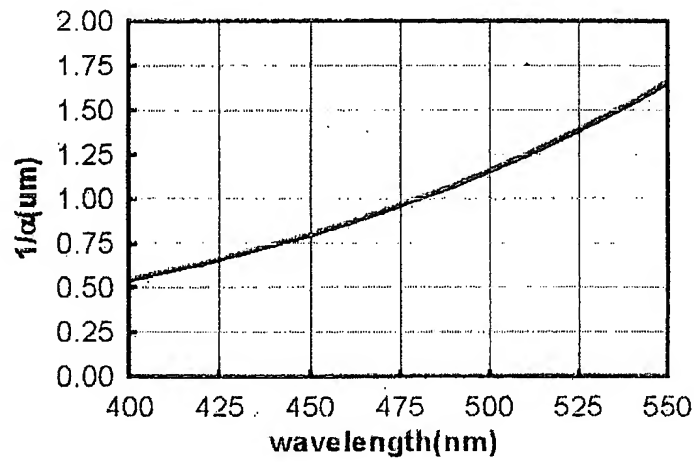


圖 六(b)

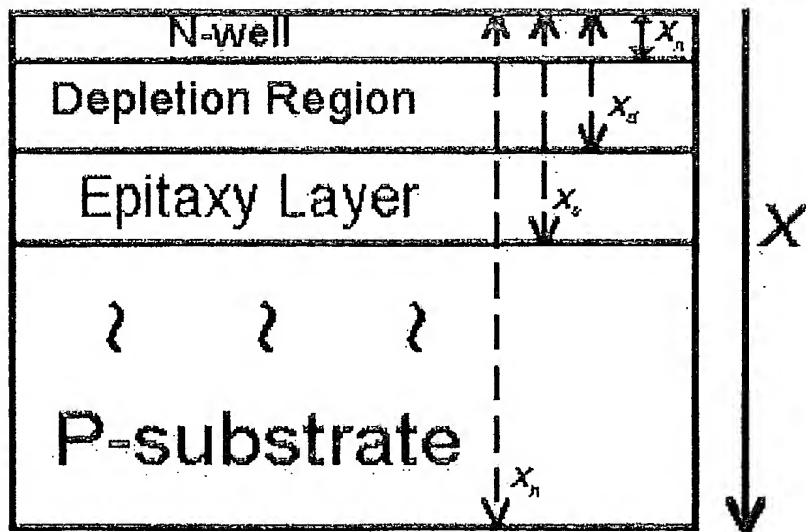


圖 七

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

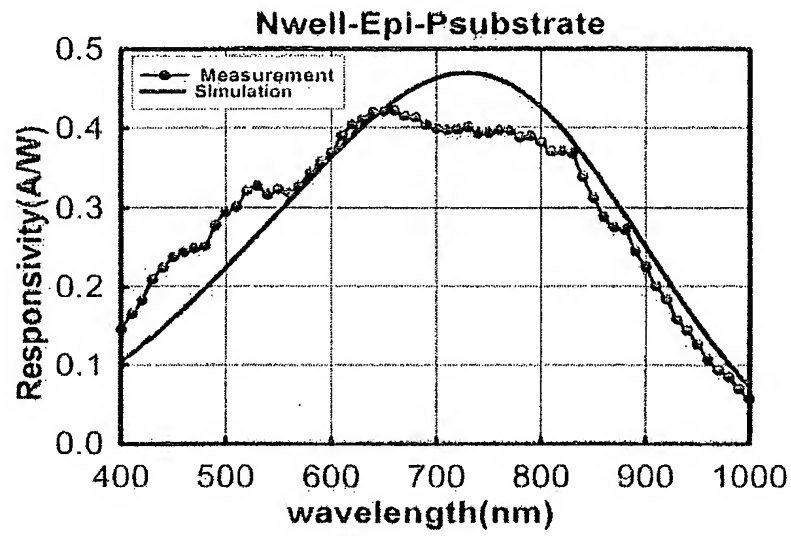


圖 八

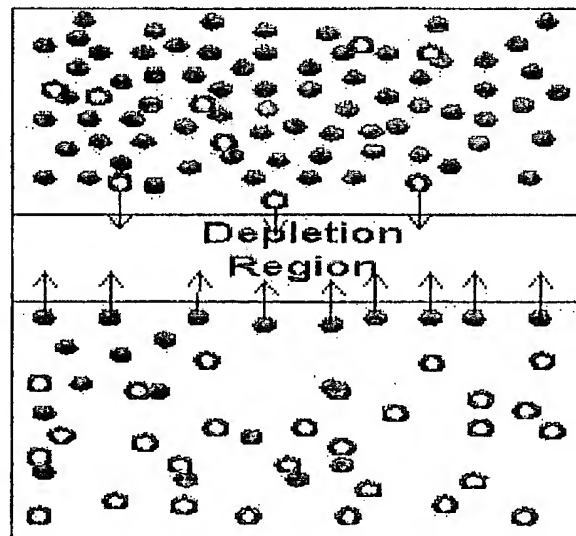


圖 九

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

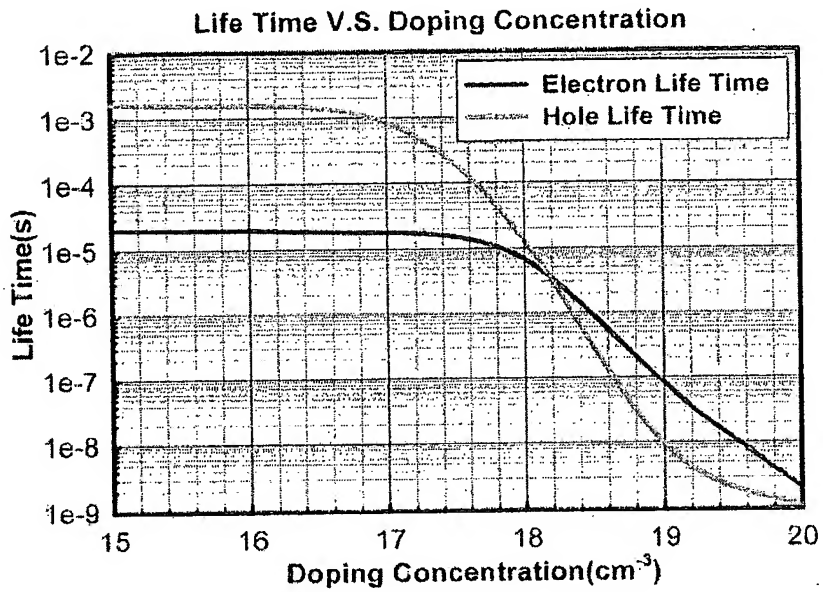


圖 十

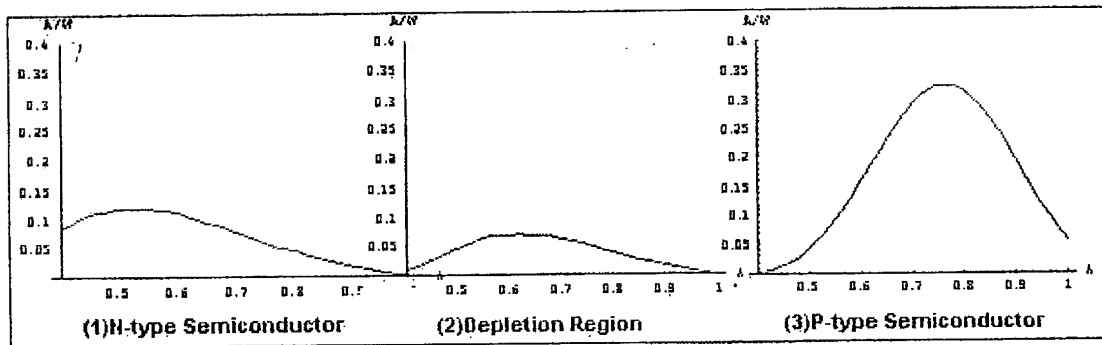


圖 十一

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

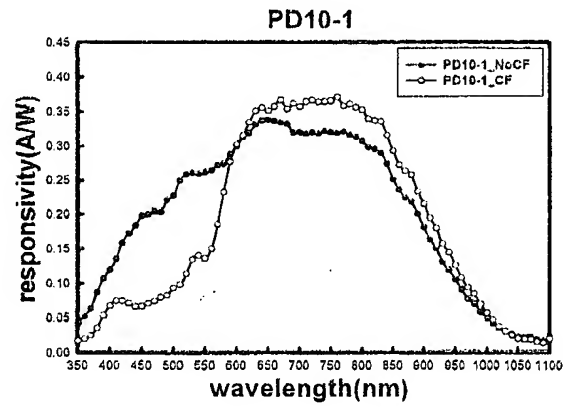


圖 十二(a)

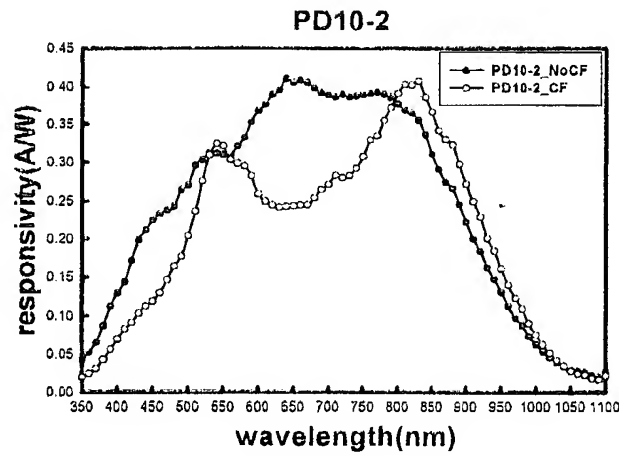


圖 十二(b)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

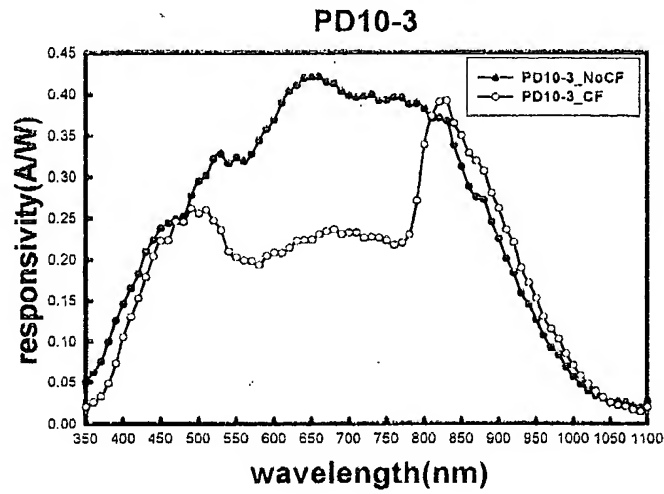


圖 十二(c)

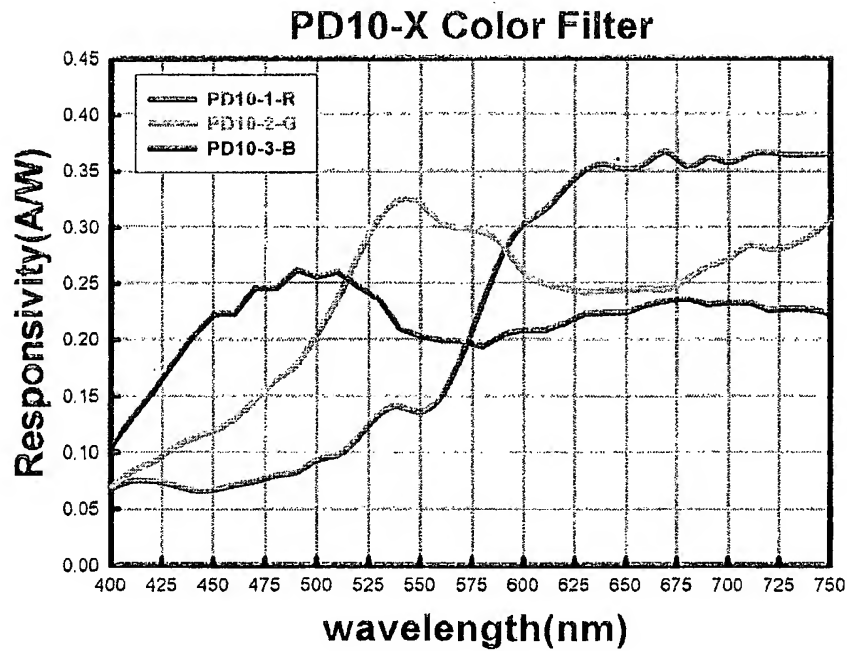


圖 十三

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

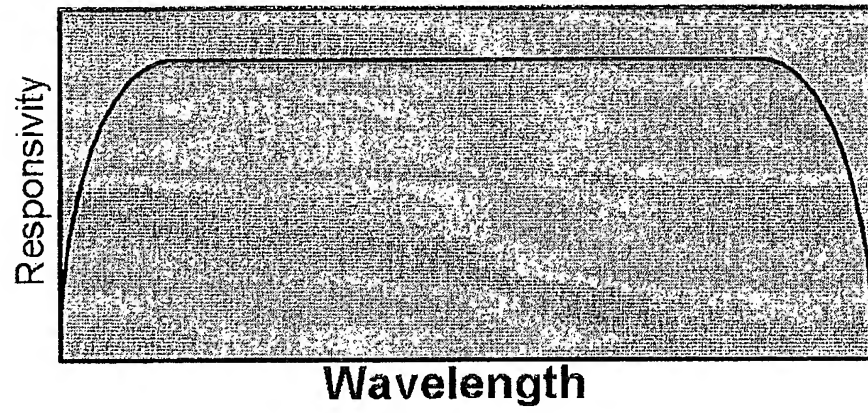


圖 十四

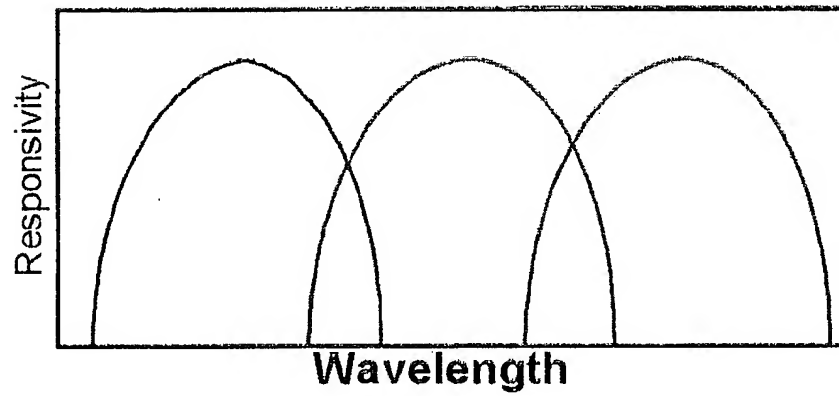


圖 十五

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

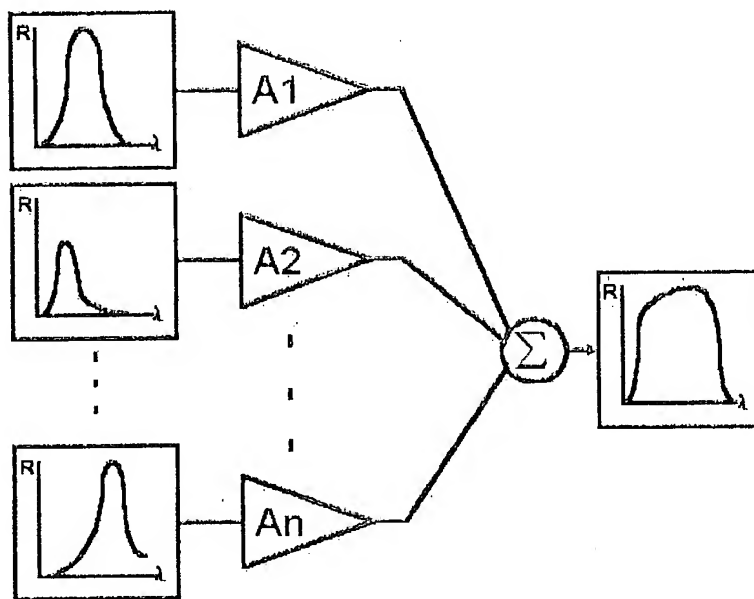


圖 十六

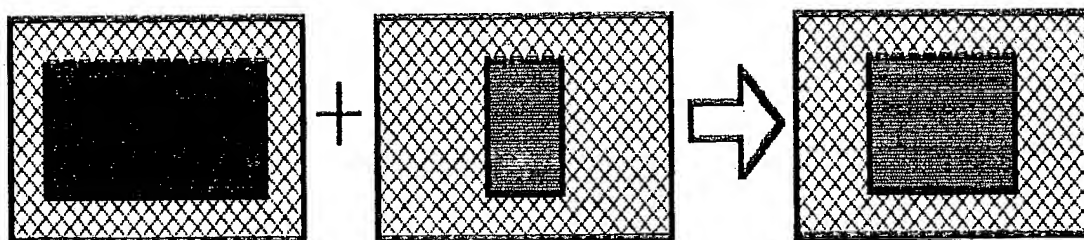


圖 十七(a)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

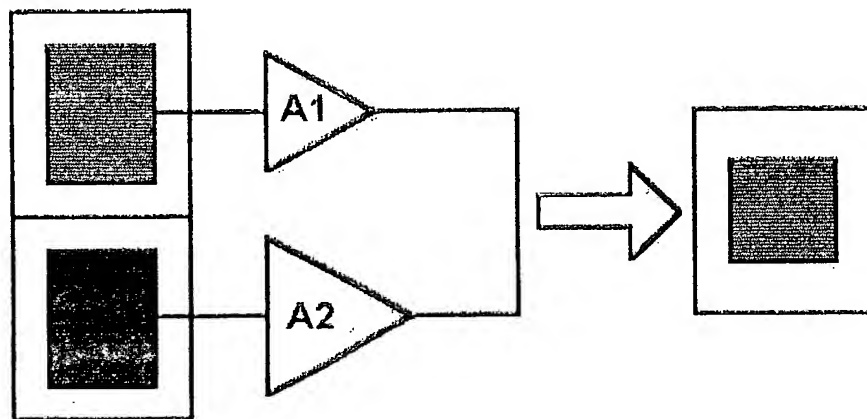


圖 十七(b)

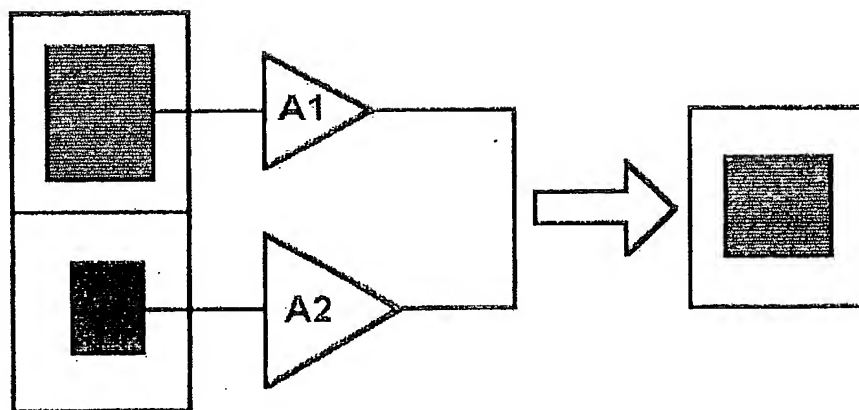


圖 十七(c)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

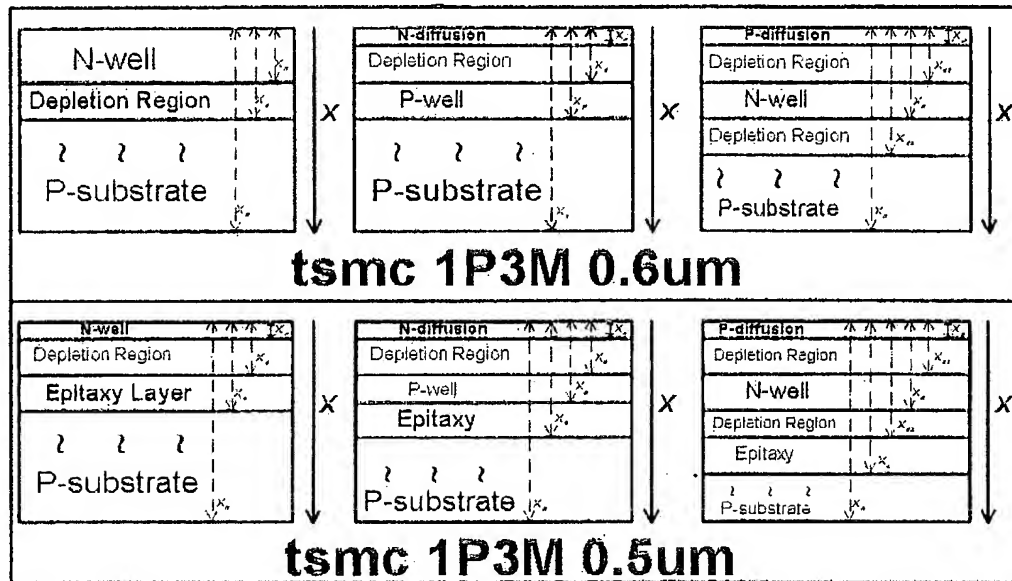


圖 十八

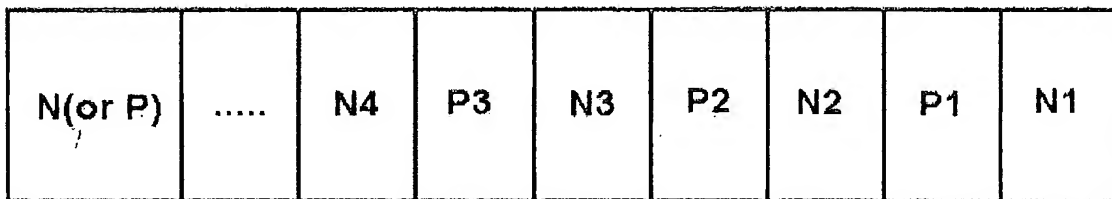


圖 十九(a)

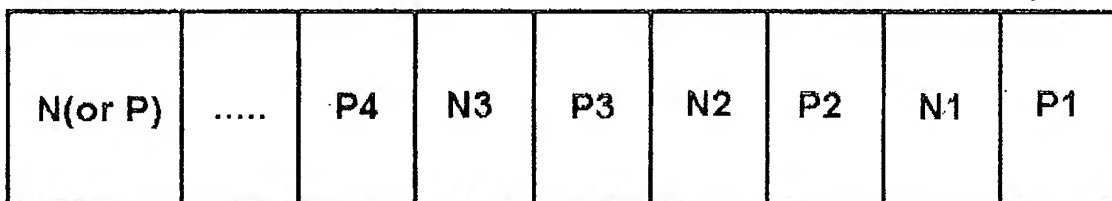


圖 十九(b)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

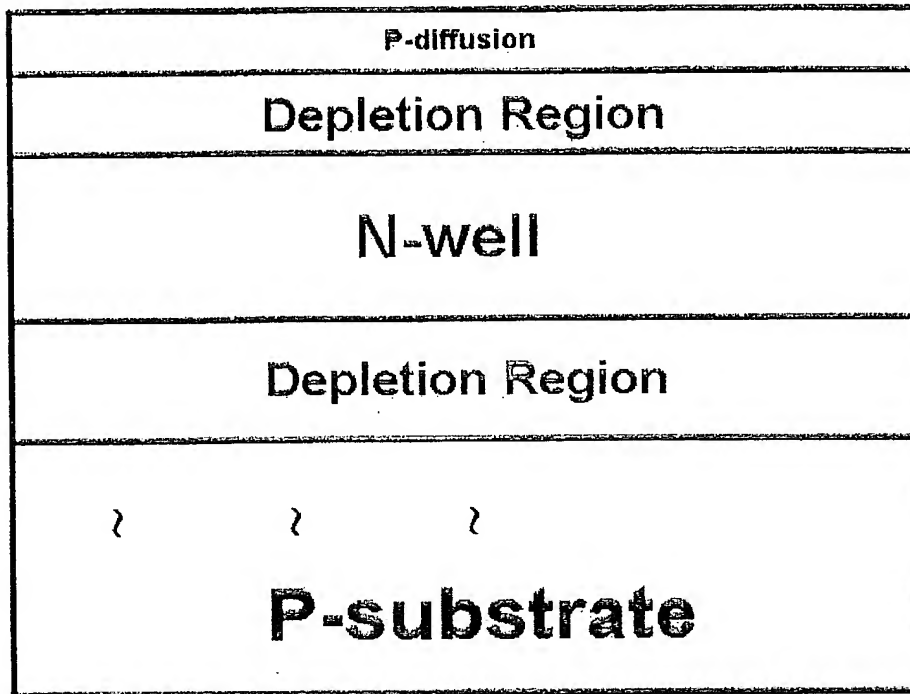


圖 二十

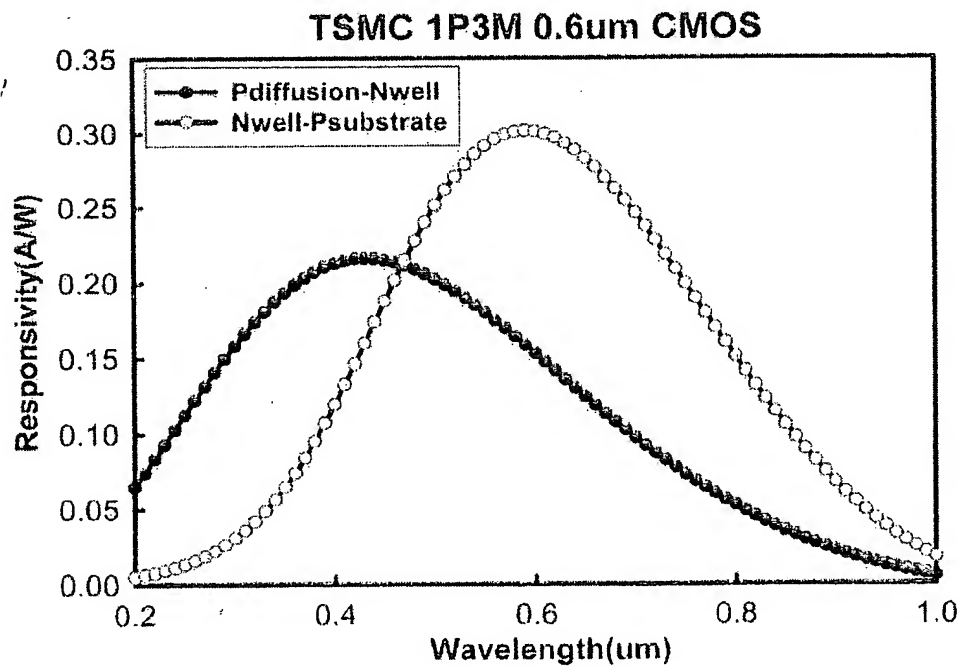


圖 二十一

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

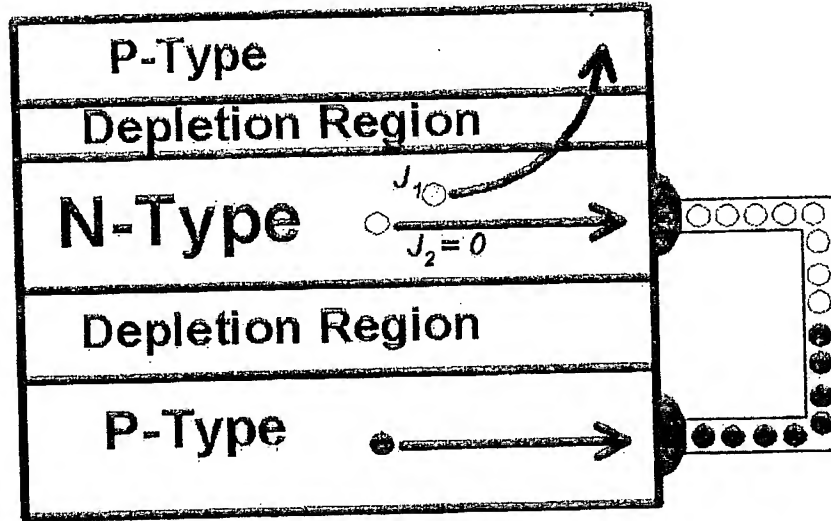


圖 二十二

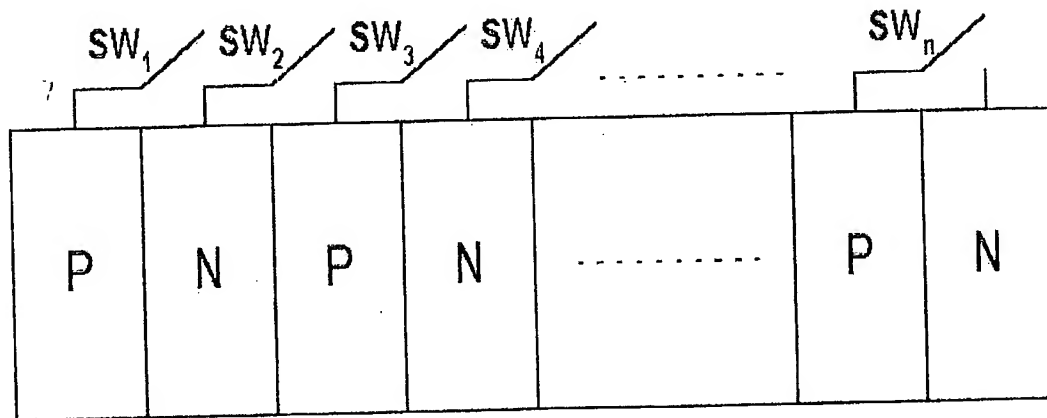


圖 二十三

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

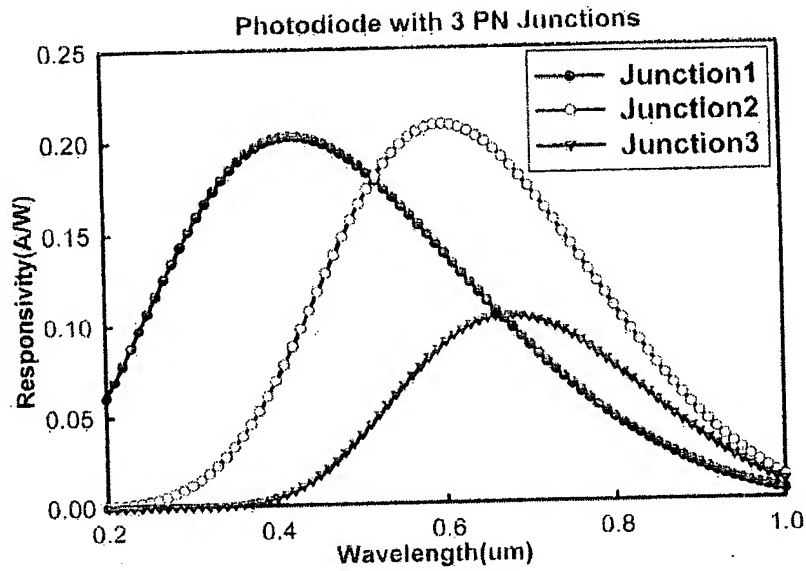


圖 二十四

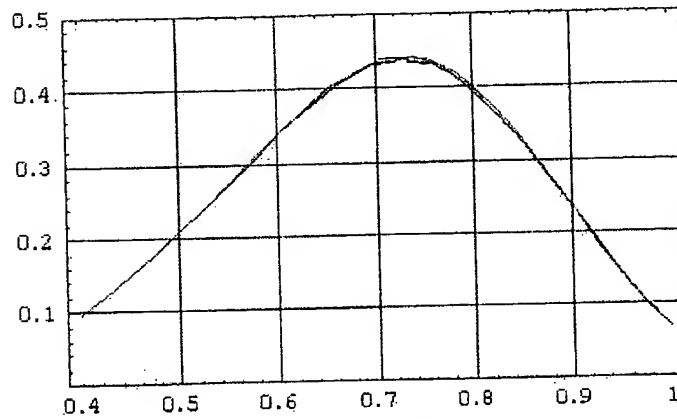


圖 二十五(a)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

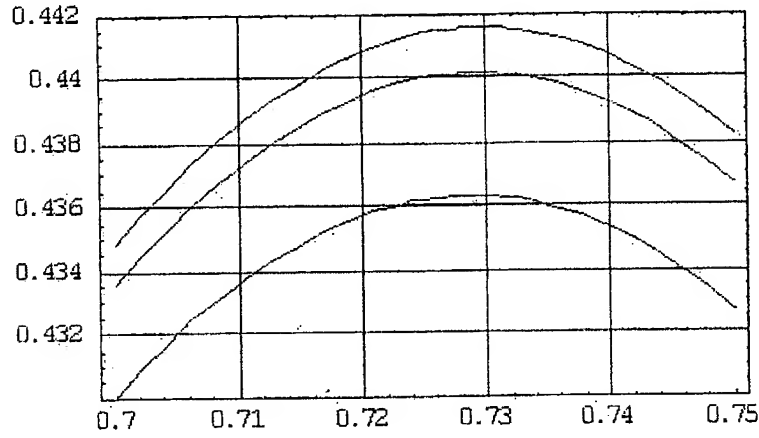


圖 二十五(b)

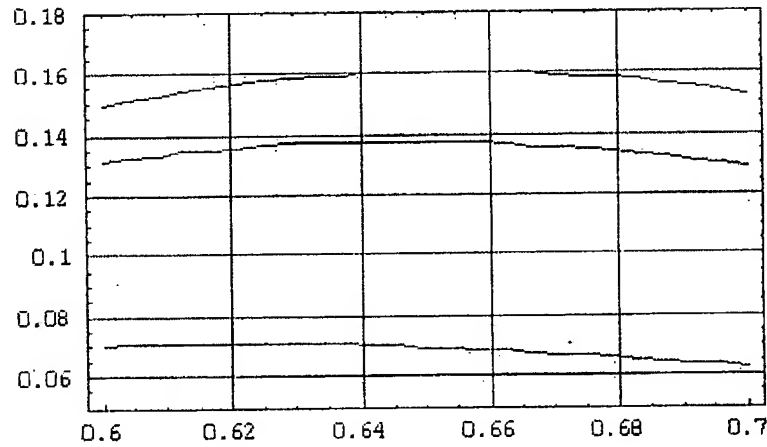


圖 二十六

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

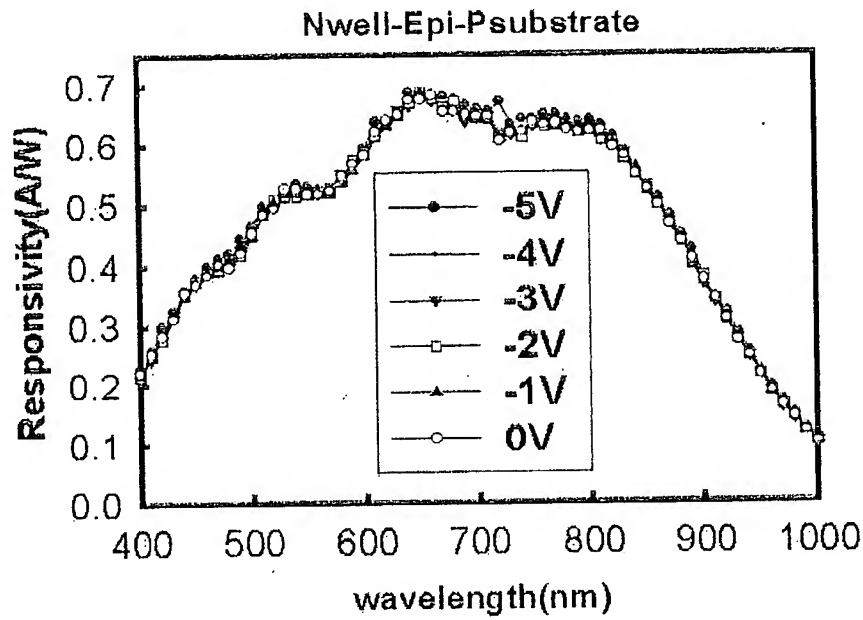


圖 二十七

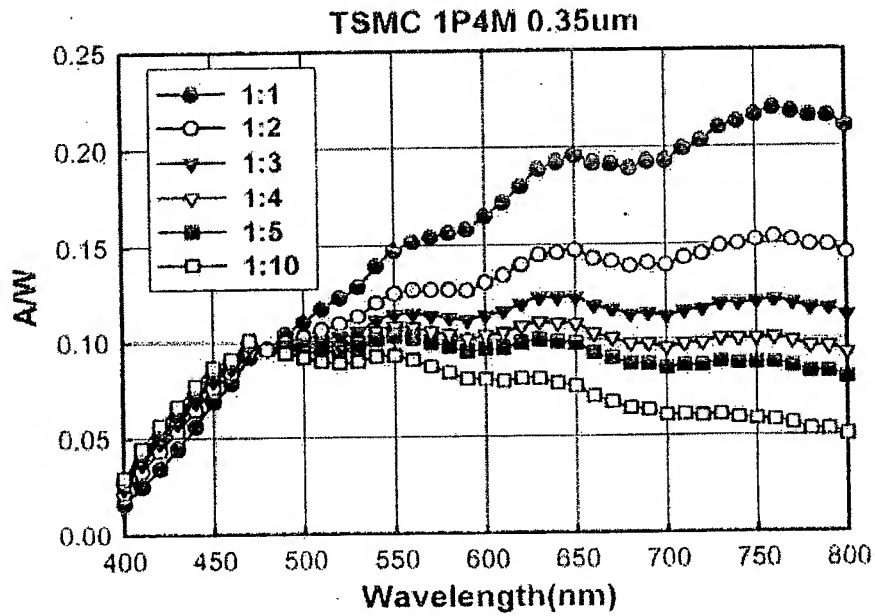


圖 二十八(a)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

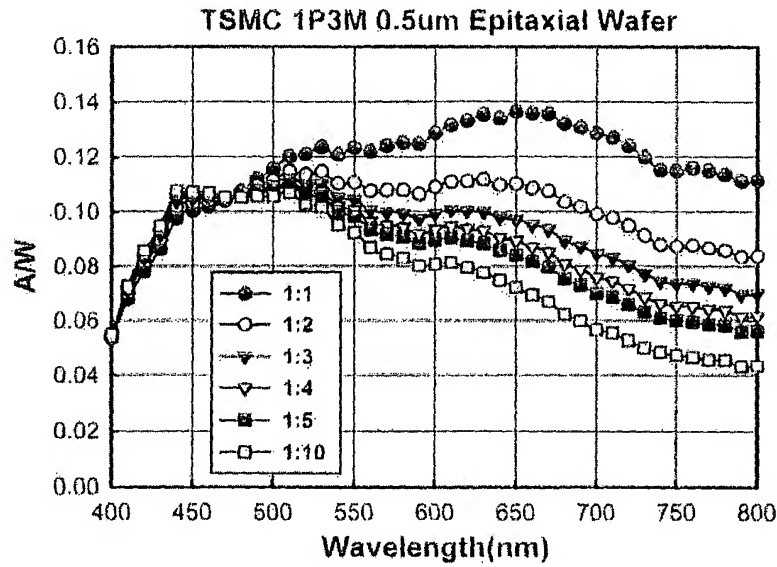


圖 二十八(b)

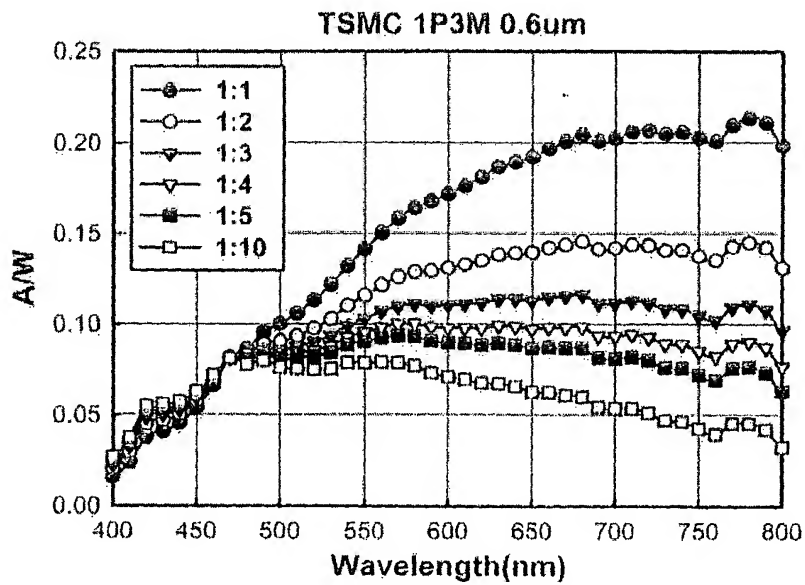


圖 二十八(c)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

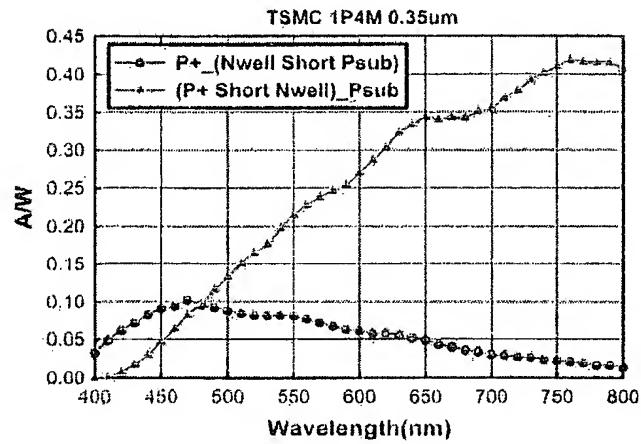


圖 二十九(a)

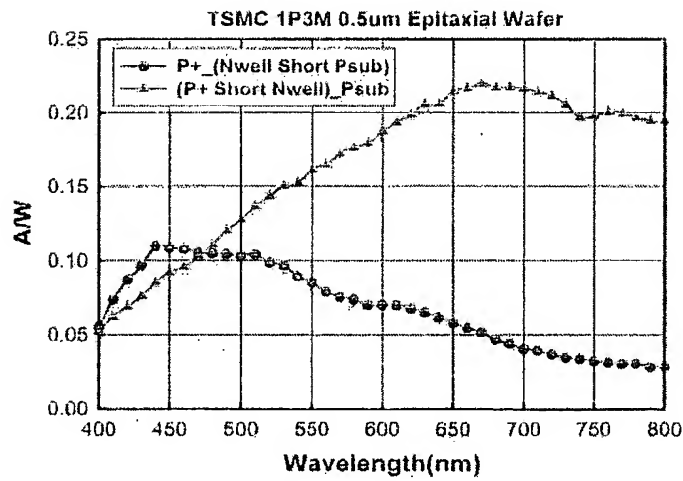


圖 二十九(b)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

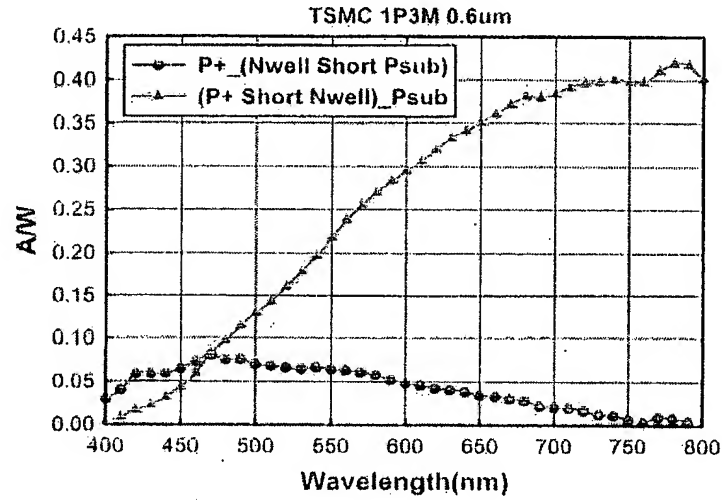


圖 二十九(c)

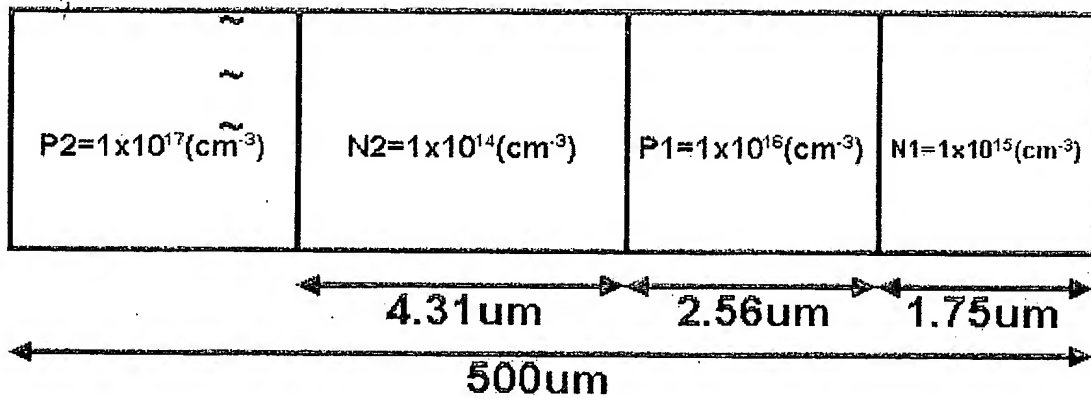


圖 三十

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

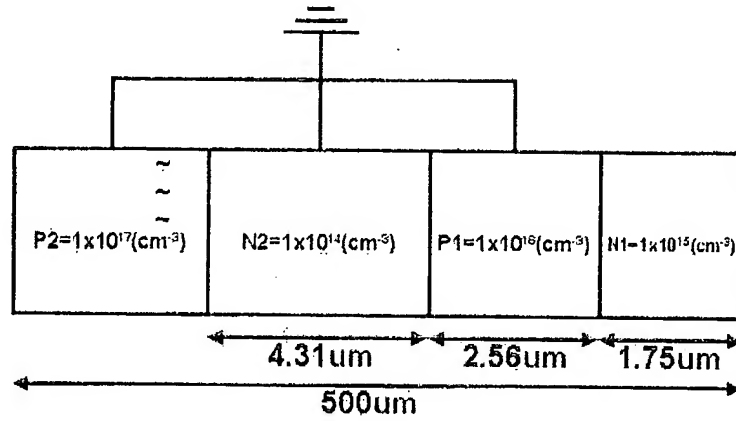


圖 三十一(a)

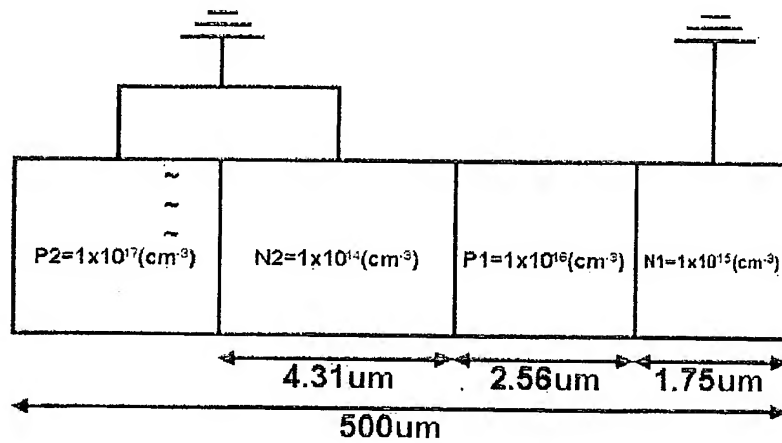


圖 三十一(b)

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式

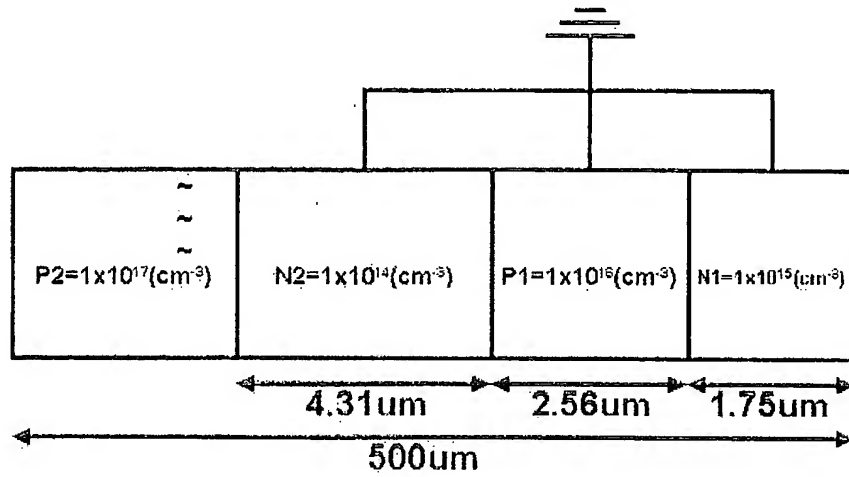


圖 三十一(c)

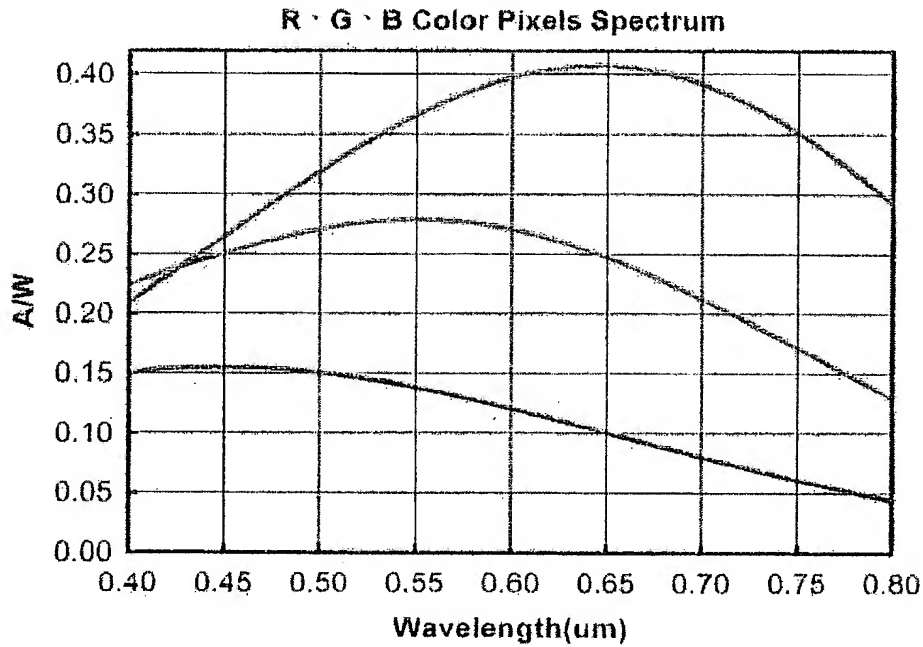


圖 三十二

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線